

# 公共卫生事件下供应链网络稳定性与牛鞭效应分析

罗柳丹 黄菊 农秋兰 谢珊珊 邱理艾

广西财经学院管理科学与工程学院

**[摘要]**在公共卫生事件突发的环境下,医疗物资的紧缺和医疗设备的不足成为公共卫生服务的主要困难之一,也是供应链体系面临的严峻挑战。本文分析目前国内外供应链稳定性影响的研究现状与发展趋势,研究供应链稳定性和牛鞭效应的分析理论和研究方法,探讨在公共卫生事件的环境下未来的研究重点和发展方向。研究结果发现,影响供应链稳定性的主要因素是牛鞭效应;信息不对称、库存波动大、订单波动大是影响供应链稳定性的主要原因。本文从生产、订单、信息处理等因素分析,如果处理不当,会造成供应链稳定性破坏,并提出通过信息共享以及增强节点关系的稳定性来增强供应链的稳定性,以此来解决抗击公共卫生事件的物资短缺问题。

**[关键词]**公共卫生事件;供应链稳定性;牛鞭效应;信息共享

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.511

## 引言

随着供应链网络结构范围不断拓广,其网络结构日趋复杂,同时也增加了网络成员之间的依赖性和供应链的脆弱性。由于公共卫生事件的突发性,上下游企业无法单独应对这种突发状况,也难以利用充分的物资和时间有效组织企业自救措施,又因为其破坏性和扩散性,供应链上某个节点的生产运营中断或失效,可能导致整个供应链网络运营故障,同时威胁该供应链上企业的生存和发展。

在经济全球化、信息化背景下,供应链网络改变了企业原来的经营模式和生产形式,形成企业间优势互补的良好态势,使企业自身能力大大提升,更好地适应了企业的发展需要、用户需求以及市场竞争环境的变化。然而,由于企业大规模扩张以及客户多元化发展的需求,供应链中节点企业的规模也日益庞大。突发的公共卫生事件会对冲击到供应链的稳定性,会造成供应链上的物流、信息流和资金流的延迟甚至冲断,从而使供应链遭受破坏甚至出现更严重的情况<sup>[1]</sup>。同时,供应链中合作企业之间存在忠诚度和信誉度不够,相互之间不能完全信任,做不到信息资源共享的一系列问题,会影响到供应链中企业的整体效益。供应链中的需求信息从下游企业向上游企业传播过程中逐级放大并被扭曲,造成了供应商的订货量大于顾客的实际需求,例如发生的禽流感、SARA、甲型H1N1流感等,导致市场对口罩等医疗用品的需求量突增,进而冲击了供应链的协调与稳定<sup>[2]</sup>。

## 供应链动力学稳定性研究进展

Lee<sup>[3]</sup>在早期便对牛鞭效应做出了较全面和正确的分析。他提出了产生牛鞭效应的四个原因分别是需求信息处理、价格变动、批量订货方式和限量供应。针对这四个产生原因,

Lee建立了模型以探索解决方案。这有助于减小需求波动对供应链整体运营的影响,降低和减少供应链中不必要的生产和库存,从而在很大程度上减少供应链的成本,提高供应链的整体竞争力。

一些学者对供应链稳定性的研究集中在信息的传递、信息共享以及信息的准确度方面。供应链看作是一个存在多种不确定性并经常处于不稳定状态之中的复杂系统,他们认为相对稳定的状态能有效地增加供应链的效益,采购、制造和销售之间的关系对供应链稳定性有重要影响。Bian<sup>[4]</sup>等提出供应链竞争下的双向信息共享。基于贝特朗竞争模型和温克勒共识模型,建立了一个有限贝叶斯Stackelberg博弈模型,分析了供应链竞争下的双向信息共享问题。文献<sup>[5]</sup>在灰色系统理论中的投入产出理论的基础上构建供应链模型,从三个方面研究供应链的稳定性,即供应链的整体效益、供应链成员间的合作关系以及供应链中产品的市场满意度。利用博弈理论来研究供应链联盟的形成过程,而且对两种不同的供应链联盟进行了稳定性分析。

Nagatani和Helbing提出了供应链物料守恒模型<sup>[6-7]</sup>,应用统计物理方法将供应链系统抽象为一个多粒子系统,与交通流模型进行比较,提出了线性供应链模型,同时研究了更靠近实际生活的随机供应链模型和多重供应链模型。通过改变订货函数,提出多种库存策略,减小库存波动增加系统稳定性,降低了牛鞭效应。文献指出交通流中用来描述不稳定现象的物理概念,在某种程度上可以帮助我们理解供应链中的不稳定现象(所谓的牛鞭效应)。Helbing等从交通流中受到启发,利用一般的流体动力学生产模型来研究供应链的动态特性和线性稳定性。Koberg和Longoni<sup>[8]</sup>旨在综合全球供应

链中可持续供应链管理的关键要素。对全球供应链中可持续供应链管理的相关文章进行了严格系统的文献综述，并应用结构化内容分析。肖兰<sup>[9]</sup>提出供应链物料守恒模型的物流供应链网络研究，讨论多重随机和次近邻相互作用对供应链的稳定性影响。

### 牛鞭效应研究进展

牛鞭效应是供应链中普遍存在的高风险现象，是影响供应链高效运作的重要因素之一。牛鞭效应会导致供应链出货计划的变动，进而引起生产计划和供应计划的混乱，使得供应链库存风险升高，各节点企业成本增加，产品和服务水平下降，扰乱各节点企业正常的生产经营活动。目前，国内外学者对牛鞭效应的研究主要集中在牛鞭效应产生机理、牛鞭效应影响因素、牛鞭效应抑制策略等方面。在牛鞭效应产生机理研究方面，现有文献主要集中在需求波动、价格波动、订货批量、库存责任失衡等方面。对供应链稳定性研究主要是库存波动、订单波动、信息处理对供应链稳定性的影响。李翀<sup>[10]</sup>通过仿真分析指出，初始供应链下游企业的库存波动会扩散到上游，且会出现波动放大现象，越是位于供应链上游，受到库存波动的影响越大。因此企业应提高自身对市场需求信息的处理效率，以便于通过调整自身订单策略来削弱牛鞭效应的影响，提高供应链的稳定性。代宏视<sup>[11]</sup>建立模型，提出了当供应链系统库存不准确时，供应链的订单信息波动大于信息准确时的订单波动。当供应链某点的库存信息出现误差时，该点的信息偏离真实值也发生扭曲，引起该点订单方差变大，导致牛鞭效应放大。发现牛鞭效应与供应链网络拓扑结构性质之间存在关联关系，优质的供应链网络拓扑结构可以减弱牛鞭效应，同时可以增加供应链网络本身的稳定性和抗攻击性<sup>[12]</sup>。

### 供应链稳定性存在的问题

在公共卫生事件的影响下，会加剧供应链系统中存在的很多不确定因素，进而更加影响其稳定性，如生产、订单、信息处理等因素。对于补货时间、补货数量，供应链成员间会通过信息的传递，产生相互作用的反馈机制，但由于牛鞭效应的存在，会使供应链系统出现错综复杂的动力学行为。

在公共卫生事件爆发的高峰期，许多企业会大量生产

医疗用品，生产量会远大于需求量。因此人为的干扰严重影响着供应链的稳定性，公共卫生事件不可能总是高峰期，市场的需求不会迅速恢复，企业的期望无法如期实现，最终会有大量库存积压，此外，过量的产能投入也面临着巨大的风险，导致“牛鞭效应”产生，给企业带来重大的经济损失。因此，若能降低牛鞭效应给企业带来的影响，则会大大降低不必要的成本浪费，使企业精益化，从而提高企业的竞争能力。因此，无论是政府还是企业都以公共卫生事件突发的背景为契机，从供应链管理的角度进行思考，将共同研究和探讨供应链稳定性的影响因素以及如何降低这些因素，完善风险管理机制，以此来保证供应链系统的稳定性。

### 解决措施

为了缓解公共卫生事件以及牛鞭效应对供应链稳定性的影响，我们将从以下两个方面来提出解决建议。

#### 1、信息共享保持供应链稳定性

信息共享可以有效的增强供应链稳定性。在供应链中可以通过需求、订单信息和库存信息共享来提高供应链的整体利益，从而实现供应链体系的利益最大化。一般来说，信息共享的程度越高，企业间合作的契机就会越高，利益就会越大。

Almeida等通过文献综述指出供应链中人与人之间的组织信任和合作可以有效的缓解牛鞭效应，企业之间的信任和合作，使供应链信息和交流呈透明状态，有效的减少库存并且可以提高产品的需求预测和产品的可用性，让企业之间更容易协调和沟通，牛鞭效应也因此得到缓解。另外Huang等提出了供应链信息共享就是供应链上下游企业，或者说是竞争对手与竞争对手之间的信息共享。他们认为，完全的信息共享，需要考虑到适当的协调机制来提高供应纵向和横向的信息共享相结合，才能达到有效的供应链管理，从而有效地提高供应链的绩效，带动链中成员的利润。综上所述可知信息共享可以缓解牛鞭效应并保持供应链稳定性。

#### 2、增强节点关系的稳定性

供应链的节点企业有运输、仓储、保管、搬运、包装、产品流通及物流信息，还有原材料供应商、生产厂商、批发商、零件商、物流公司及最终用户等。每一个供应链企业就

是一个节点, 节点企业和节点企业之间是一种需求与供应关系。

供应链企业节点关系的稳定性会影响供应链的稳定性, 而企业间的利益分配是节点关系稳定性的关键因素。对于还没有建立起良好的利益分配机制的供应链来说, 核心企业可能会占用更多的供应链资源。当供应链的某一节点自己“独大”时带来的就是供应链中某一个或某一些节点断链, 从而导致整个供应链崩溃的现象。文献纳什谈判理论来建立利益分配的决策模型, 得到基于产出共享模式的利益分配机制, 减少了供应链企业的机会主义行为产生, 以此来防止对供应链稳定性的影响。通过建立完善的企业长效合作机制、建立长远战略合作伙伴关系, 可以化解供应链各节点间的利益矛盾, 可以实现预期的全局目标, 达到利润共享、风险共担的双赢目的。

### 结论

本文针对在面对公共卫生事件时, 上下游企业的需求预测在传递的过程中容易偏差造成牛鞭效应, 进而影响供应链的稳定性。文章提出两点解决方案, 其一为信息共享, 当企业之间的信息共享, 处于较透明化状态, 相关企业可以降低库存成本和确定实际需求等, 便可以达到利益较大化。其二为增强节点关系的稳定性, 节点关系与企业的利益分配有很大关联, 因此建立良好的分配机制可以加强节点关系的稳定性。在公共卫生事件背景下, 我们可以通过以上两点方式来增强供应链稳定性, 保障物资供应链的稳定。

### 参考文献

- [1]林略, 梁华丽, 于辉. 突发公共卫生事件下医疗防护用品供应链协调[J]. 工业工程, 2011, 14(03): 34-38.
- [2]Lee H, Padmanabhan P, Whang S. Information distortion in a supply chain: the bullwhip effect[J]. *Management Science*, 1997, 43(4): 546-558.
- [3]Bian W L, Shang J, Zhang J L. Two-way information sharing under supply chain competition[J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 178: 82-94.
- [4]任君卿, 刘思峰. 基于灰色投入产出模型的供应链稳

定性分析[J]. *南京航空航天大学学报*, 2008, 10(1): 21-24.

[5]Nagatani T, Helbing D. Stability analysis and stabilization strategies for linear supply chains[J]. *Physica A*, 2004, 335: 644-660.

[6]Helbing D, Lämmer S, Seidel T, Šeba P, Płatkowski T. Physics, stability, and dynamics of supply networks[J]. *Physical Review E*, 2004, 70: 066116.

[7]Koberg E, Longoni A. A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 207: 1084-1098.

[8]肖兰. 基于交通流跟驰模型的物流供应链网络的研究[D]. 广西大学, 2013.

[9]李翀, 刘思峰, 方志耕, 白洋. 供应链网络系统的牛鞭效应时滞因素分析与库存控制策略研究[J]. *中国管理科学*, 2013, 21(02): 107-113.

[10]代宏砚, 周伟华, 陈志康. 多级供应链中库存不准确性对牛鞭效应的影响[J]. *管理工程学报*, 2013, 27(02): 195-201.

[11]Kai H, Bradley J R, Thonemann W. Analyzing the effect of the inventory policy on order and inventory variability with linear control theory[J]. *Production, Manufacturing and Logistics*, 2007, 176: 1620-1642.

[12]Almeida M, Marins M, F A, Salgado A M, et al. Mitigation of the bullwhip effect considering trust and collaboration in supply chain management: a literature review[J]. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2014, 77(1-4): 495-513.

项目名称: 基于信息共享耦合效应的供应链系统稳定性研究, 项目编号: 202011548016